

УДК 577.13:582.32

Л. Р. Валеева<sup>1</sup>, Э. Дэгью<sup>2</sup>, М. Холл<sup>2</sup>, Е. В. Шакиров<sup>1, 2</sup><sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,  
420021, Россия, г. Казань, ул. Парижской коммуны, д. 9,<sup>2</sup>Отделение биологических наук, Научный колледж, Университет Маршалла,  
25755, США, Западная Вирджиния, г. Хантингтон,  
liarvaleeva@gmail.com

## ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИБАКТЕРИАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ВНЕКЛЕТОЧНЫХ МЕТАБОЛИТОВ МХОВ *PHYSCOMITRELLA PATENS* И *CERATODON PURPUREUS*

**Ключевые слова:** бриофиты, вторичные метаболиты, антибактериальная активность.

Поиск новых природных биологически активных соединений является одним из перспективных направлений в биотехнологии. В частности, особое внимание уделяется соединениям, являющимся основой для создания препаратов для применения в медицине и сельском хозяйстве. Огромное структурное и функциональное разнообразие соединений, получаемых в живых системах, превосходящее химически синтезированные аналоги, является их несомненным преимуществом. Кроме того, такие соединения возможно получать непосредственно в организмах-продуцентах, в то время как не для всех веществ разработаны налаженные способы химического синтеза. Также в отличие от химически синтезированных аналогов, такие препараты менее агрессивны, что является важным аспектом в медицине, ветеринарии и агроиндустрии.

Биологически активные соединения растительного происхождения тысячелетиями используются в различных областях жизнедеятельности человека и прежде всего в медицине. Существует огромное количество примеров соединений, получаемых из растений, обладающих противомикробной, ранозаживляющей, противораковой, антитромботической активностью. Так, наиболее известными примерами широко используемых в настоящее время фармацевтических препаратов растительного происхождения являются ацетилсалициловая кислота (изначально выделялась из ивовой коры), артемизинин (препарат из *Artemisia annua* против тропической малярии), таксол (противораковый препарат), винкристин (противораковый препарат). Кроме того, широко известными примерами природных растительных соединений являются терпеноиды, многие из которых используются как промышленные химикаты и ароматизаторы [1].

Однако большинство соединений растительного происхождения получают из цветковых растений, тогда как метаболиты других групп царства растений остаются менее изученными. В то же время, известно, что бриофиты (мхи, печеночники и антоцеротовые мхи) являются продуцентами различных уникальных вторичных метаболитов, обладающих антибактериальной и фунгицидной активностью [2–6]. Повсеместное распространение бриофитов, способность колонизировать экстремальные места обитания, неполные данные о метаболизме, а также простота культивирования в лабораторных условиях и активно развивающиеся геномные исследования бриофитов делают их крайне перспективными объектами в исследованиях, направленных на обнаружение новых биологически активных соединений с уникальными свойствами. Таким образом, вторичные метаболиты и другие

соединения, синтезируемые бриофитами, представляют огромный интерес в качестве новых противомикробных, антиоксидантных и ростостимулирующих агентов.

Цель работы – обнаружение секретируемых метаболитов мхов с антибактериальной активностью. В работе использовали листостебельные мхи видов *Physcomitrella patens* (экотип Gransden, Великобритания) и *Ceratodon purpureus* (линии GG1 и RW40, США). Для получения внеклеточных метаболитов растения выращивали в жидкой минеральной среде BCD [7] в течение 1, 2 и 4 недель. Экссудаты мхов высушивали лиофильно и растворяли в стерильной воде (MilliQ). Полученные растворы наносили на стерильные целлюлозные диски. Антибактериальную активность определяли с помощью диско-диффузионного метода по отношению к штаммам бактерий грамположительного и грамотрицательного морфотипов *Staphylococcus aureus* ATCC 23295, *Streptococcus pyogenes* ATCC 12344, *Enterococcus faecium* ATCC 35667, *Salmonella typhimurium* и *Serratia marcescens* SM6. Нами было показано, что экссудаты мха *P. patens* обладают антибактериальной активностью против грамположительных бактерий. Наибольшая зона ингибирования роста была обнаружена в экссудатах, полученных при культивировании в течение 2-х недель, и составила  $13,1 \pm 0,29$  мм для *S. aureus* ATCC 25923. Определили минимальную ингибирующую концентрацию (МИК) экссудата *P. patens* для штаммов грамположительных бактерий: для *S. aureus* ATCC 25923 – 6,25 мг/мл, для *E. faecium* ATCC 35667 – 12,5 мг/мл, для *S. pyogenes* ATCC 12344 – 6,25 мг/мл. Антибактериальной активности экссудатов *P. patens* против использованных бактерий грамотрицательного морфотипа не обнаружено. Также внеклеточная культуральная среда мхов *C. purpureus* GG1 и RW40 не проявила антибактериальной активности ни на одном из штаммов бактерий, использованных в качестве тестовых культур.

Таким образом, нами обнаружена значительная антибактериальная активность внеклеточных метаболитов мха *P. patens* (Gransden) против грамположительных бактерий. Учитывая то, что использованные нами тестовые штаммы являются представителями групп бактерий – условных патогенов человека, полученные нами данные являются первым этапом в обнаружении новых активных антибактериальных соединений, которые в дальнейшем могут быть использованы в медицине.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-016-00146 а.*

### Список литературы

1. Zwenger S., Basu C. // Biotechnology and Molecular Biology Reviews. 2008. Vol. 3. P. 1–7.
2. Asakawa Y. // Pure and Applied Chemistry. 2007. Vol. 79(4). P. 557–580.
3. Asakawa Y., Ludwiczuk A. // Journal of Natural Products. 2018. Vol. 81. P. 641–660.
4. Asakawa Y., Ludwiczuk A., Nagashima F. // Phytochemistry. 2013. Vol. 91. P. 52–80.
5. Frahm J. P. // The Bryologist. 2004. Vol. 107. P. 277–283.
6. Beike A. K., Decker E., Wolfgang F. et al. // Applied Bryology Bryotechnology. Tropical Bryology. 2010. Vol. 31. P. 22–32.
7. Cove D. J., Perroud P. F., Charron A. J. et al. // Cold Spring Harbor Protocols. 2009. Vol. 2. P. 1–7.